

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①⑫ Offenlegungsschrift  
①⑪ DE 3413849 A1

⑤① Int. Cl. 4:  
G01 R 27/26

②① Aktenzeichen: P 34 13 849.8  
②② Anmeldetag: 12. 4. 84  
④③ Offenlegungstag: 22. 8. 85

③① Innere Priorität: ③② ③③ ③①  
21.02.84 DE 34 06 258.0

⑦① Anmelder:  
Lüderitz, Dietrich, 8891 Obergriesbach, DE

⑦④ Vertreter:  
Tiedtke, H., Dipl.-Ing.; Bühling, G., Dipl.-Chem.;  
Kinne, R., Dipl.-Ing.; Grupe, P., Dipl.-Ing.; Pellmann,  
H., Dipl.-Ing.; Grams, K., Dipl.-Ing.; Struif, B.,  
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 8000 München

⑦② Erfinder:  
gleich Anmelder

Patentamt

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Kapazitäts-Meßgerät

Das beschriebene Kapazitäts-Meßgerät ermöglicht durch  
die vorgesehene Ladestromstoßintegration eine von Stör-  
kapazitäten unbeeinflusste Kapazitätsmessung.

DE 3413849 A1

DE 3413849 A1

3413849

Bavariaring 4, Postfach 2024  
8000 München 2  
Tel.: 089 - 539653  
Telex: 5-24845 tipat  
Telecopier: 089 - 537377  
cable: Germaniapatent Münch

12. April 1984

DE 3707

Patentansprüche

1. Kapazitäts-Meßgerät, bei dem die zu messende Kapazität einmal oder vorzugsweise n-mal über eine Schalteranordnung mit einer vorzugsweise einen Integrator aufweisenden Auswerteschaltung und einer Bezugsspannungsquelle verbindbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die zu messende Kapazität ( $C_x$ ) über die Schalteranordnung (S1, S2) in Reihe zwischen die Bezugsspannungsquelle und die Auswerteschaltung (A1,  $C_i$ ) geschaltet ist.

2. Kapazitäts-Meßgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schalteranordnung (S1, S2) zwei Schalter aufweist, zwischen die die zu messende Kapazität ( $C_x$ ) geschaltet ist.

3. Kapazitäts-Meßgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zu messende Kapazität ( $C_x$ ) über einen ersten der beiden Schalter in dessen erster Schalterstellung mit der Bezugsspannungsquelle und in dessen zweiter Schalterstellung mit Massepotential sowie über den zweiten Schalter (S2) in dessen erster Schalterstellung mit der Auswerteschaltung (A1,  $C_i$ ),

120484

-2-

3413849

1 insbesondere mit dem Integrator, und in dessen zweiter  
Schalterstellung mit Massepotential verbindbar ist.

5 4. Kapazitäts-Meßgerät nach Anspruch 2 oder 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Schalter synchron  
im Gleichtakt betrieben werden und die zu messende  
Kapazität ( $C_x$ ) periodisch kurz schließen.

10 5. Kapazitäts-Meßgerät nach einem der Ansprüche  
2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Schalter  
synchron im Gegentakt betrieben werden.

15 6. Kapazitäts-Meßgerät nach einem der Ansprüche 2  
bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Schalter  
durch MOS-Schalter, insbesondere durch MOS-FETs gebildet  
sind.

20 7. Kapazitäts-Meßgerät nach einem der Ansprüche 2  
bis 6, gekennzeichnet durch einen Mikroprozessor zur  
Steuerung der n-fachen Betätigung der Schalter und zur  
Auswertung der Meßergebnisse.

\*\*\*

25

30

35

3413849

-3-

Dietrich Lüderitz

8891 Obergriesbach

Patentanwälte und  
Vertreter beim EPA  
Dipl.-Ing. H. Tiedtke  
Dipl.-Chem. G. Bühlung  
Dipl.-Ing. R. Kinne  
Dipl.-Ing. P. Grupe  
Dipl.-Ing. B. Pellmann  
Dipl.-Ing. K. Grams  
Dipl.-Chem. Dr. B. Struif



Bavariaring 4, Postfach 2024  
8000 München 2  
Tel.: 089-539653  
Telex: 5-24845 tipat  
Telecopier: 089-537377  
cable: Germanipatent Münch  
12. April 1984  
DE 3707

### Kapazitäts-Meßgerät

Die Erfindung betrifft ein Kapazitäts-Meßgerät gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ein dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 entsprechendes Kapazitäts-Meßgerät ist in Fig. 1 dargestellt. Mit dem Bezugszeichen  $C_x$  ist die zu messende unbekannte Kapazität bezeichnet, die zwischen Massepotential und einen Anschluß eines Schalters S1 geschaltet ist. Der Schalter S1 ist zwischen zwei Schaltstellungen periodisch umschaltbar und verbindet in der in Fig. 1 gezeigten Stellung die Kapazität  $C_x$  mit einem Anschluß des Meßgeräts, an dem eine konstante bekannte Spannung  $U_{ref}$  anliegt, so daß sich die Kapazität  $C_x$  auf die Spannung  $U_{ref}$  auflädt. Beim Umschalten des Schalters S1 in die andere Schaltstellung wird die zu messende Kapazität  $C_x$  mit dem Eingang eines Integrators verbunden, der aus einem Operationsverstärker A1 und einem diesem parallel geschalteten Kondensator  $C_i$  bekannter Größe besteht. In dieser Schaltstellung

1 entlädt sich die zuvor auf die Bezugsspannung  $U_{ref}$  aufgeladene Kapazität  $C_x$  in den Integrator, wobei die in der Kapazität  $C_x$  gespeicherte Ladung auf den Kondensator  $C_i$  übergeht.

5 Zur Erhöhung der Genauigkeit und Auflösung wird dieser Meßschritt durch periodisches Umschalten des Schalters S1 n-mal wiederholt, so daß die am Ausgang des Integrators abgegriffene Spannung  $U_a$  den Wert

10

$$U_a = -U_{ref} \cdot \frac{C_x}{C_i} \cdot n$$

annimmt. Parallel zum Kondensator  $C_i$  ist ein Schalter S0 geschaltet, der zu Beginn jedes aus n Meßschritten bestehenden Meßzyklus kurzzeitig geschlossen wird und eine vollständige Entladung des beispielsweise durch einen vorhergehenden Meßzyklus noch aufgeladenen Kondensators  $C_i$  sicherstellt.

20 Bei einer derartigen Meßmethode tritt allerdings das Problem auf, daß der zu messenden Kapazität  $C_x$  in aller Regel Störkapazitäten überlagert sind, die in Fig. 1 zu einer der Kapazität  $C_x$  parallel geschalteten Störkapazität  $C_s$  zusammengefaßt sind. Ist diese Störkapazität  $C_s$  konstant bzw. mitteln sich eventuell vorhandene Instabilitäten durch die Mittelwertbildung bei der n-fachen Integration weitestgehend aus, so können die durch die Störkapazität  $C_s$  hervorgerufenen Meßfehler durch eine einfache Eichmessung berücksichtigt werden.

30 Die durch die Störkapazität  $C_s$  hervorgerufenen Meßfehler lassen sich jedoch dann nicht mehr kompensieren, wenn die Störkapazität  $C_s$  relativ groß und instabil ist. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn der Meßort räumlich weit entfernt vom Schalter S1 liegt, da dann die

35

1 Störkapazität  $C_s$  überwiegend durch die Kabelkapazität  
bestimmt ist, die bei eventuellen Kabelverbiegungen  
starken Schwankungen unterliegen kann. Solche Verhält-  
nisse können z. B. vorliegen, wenn kapazitive Bauelemente  
5 während ihres Transports mittels eines Greifarms gemes-  
sen werden sollen. Insbesondere bei Bauelementen geringer  
Kapazität sind die Meßfehler in einem solchen Fall der-  
art groß, daß keine zuverlässigen Meßergebnisse erziel-  
bar sind.

10 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Kapa-  
zitäts-Meßgerät gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs  
1 derart auszugestalten, daß eine zuverlässige Messung  
auch geringer Kapazitäten ermöglicht ist.

15 Diese Aufgabe wird mit den im kennzeichnenden Teil des  
Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

Bei dem erfindungsgemäßen Kapazitäts-Meßgerät ist die  
20 zu messende Kapazität somit über die Schalteranordnung  
in Reihe zwischen die Bezugsspannungsquelle und den  
Integrator geschaltet, so daß die bei Betätigung der  
Schalteranordnung auftretenden Kapazitäts-Ladeströme  
durch den Integrator erfaßt werden. Da die Störkapazitä-  
25 ten nunmehr nicht länger parallel zu der zu messenden  
Kapazität liegen, sind ihre Auswirkungen drastisch  
verringert, so daß eine zuverlässige Kapazitätsmessung  
über einen sehr großen Kapazitätsbereich bis hin zu  
sehr geringen Kapazitäten ermöglicht ist.

30 Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand  
der Unteransprüche.

So ist beispielsweise mit den Ausgestaltungen gemäß den  
35 Patentansprüchen 2 und 3 sichergestellt, daß die zwischen

1 den Anschlüssen der zu messenden Kapazität und Masse-  
potential wirksamen Störkapazitäten über die Schalter-  
anordnung zeitweilig kurzgeschlossen, d. h. vollständig  
entladen werden können.

5 Mit der Weiterbildung gemäß Patentanspruch 4 wird eine  
völlige Neutralisierung der beispielsweise durch Kabel-  
kapazitäten gebildeten Störkapazitäten erreicht.

10 Die Ausgestaltung des Kapazitäts-Meßgeräts gemäß Patent-  
anspruch 5 stellt zudem sicher, daß nicht nur Störkapa-  
zitäten völlig neutralisiert sind, sondern auch gegebenen-  
falls vorhandene, parallel zur zu messenden Kapazität  
15 liegende Widerstände keinerlei Meßverfälschungen hervor-  
rufen. Damit können nicht nur die Auswirkungen eines  
gegebenenfalls vorhandenen Isolationswiderstands voll-  
ständig unterdrückt werden, sondern es ist nunmehr auch  
eine Kapazitätsmessung bei mit Parallelwiderständen ver-  
sehenen Schaltungen möglich.

20 Mit der Ausgestaltung des Kapazitäts-Meßgeräts nach  
Patentanspruch 6 wird erreicht, daß die Schaltvorgänge  
sehr rasch und zuverlässig bei sehr geringer Leistungs-  
aufnahme erfolgen können, so daß in äußerst kurzer Zeit  
25 eine sehr große Anzahl von Messungen wiederholbar ist,  
d. h. äußerst rasch zuverlässige Meßergebnisse bereit-  
gestellt sind.

30 Das erfindungsgemäße Kapazitäts-Meßgerät ermöglicht  
bei geeigneter Wahl der Bezugsspannung, des Integrations-  
kondensators und der Anzahl  $n$  der Messungen die Messungen  
von Kapazitäten im Bereich von 0,01 pF bis mehr als  
10  $\mu$ F mit einer Genauigkeit von 2 % bei einer Meßzeit  
von weniger als 100 ms, selbst wenn Koaxial-Kabel von  
35 mehreren Metern Länge als Meßleitungen verwendet werden.

1 Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungs-  
beispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher be-  
schrieben. Es zeigen:

5 Fig. 2 ein erstes Ausführungsbeispiel des Kapazitäts-  
Meßgeräts und

Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel des Kapazitäts-  
Meßgeräts.

10

Bei dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel des Ka-  
pazitäts-Meßgeräts ist die zu messende Kapazität  $C_x$  in  
Reihe zwischen eine die Bezugsspannung  $U_{ref}$  bereitstellen-  
de, mit dem in Fig. 2 linksseitig dargestellten Eingangs-  
15 anschuß verbundene Bezugsspannungsquelle und den aus  
dem Operationsverstärker A1 und dem zwischen dessen Ein-  
gang und Ausgang geschalteten Integrationskondensator  
 $C_i$  gebildeten Integrator geschaltet, an dessen Ausgang  
die Meßspannung  $U_a$  auftritt. Der dem Integrationskonden-  
20 sator  $C_i$  parallel geschaltete Schalter S0 wird wie  
bei dem in Fig. 1 gezeigten Meßgerät zu Beginn jedes  
Meßzyklus kurzzeitig geschlossen, um eine vollständige  
anfängliche Entladung des Integrationskondensators  $C_i$   
sicherzustellen, und verbleibt nachfolgend für den  
25 gesamten Meßzyklus im geöffneten Zustand.

Die zu messende Kapazität  $C_x$  ist über einen Schalter S1  
in dessen erster Schalterstellung mit der Bezugsspannungs-  
quelle und in dessen zweiter Schalterstellung mit Masse-  
30 potential sowie über einen Schalter S2 in dessen erster  
Schalterstellung mit dem Eingang des Integrators und in  
dessen zweiter Schalterstellung mit Massepotential ver-  
bindbar. Die eine Schalteranordnung bildenden Schalter  
S1 und S2 werden bei dem in Fig. 2 gezeigten Ausfüh-  
35 rungsbeispiel synchron im Gleichtakt umgeschaltet, der-



1 art, daß vor Beginn der Messung beide Schalter S1, S2  
auf Massepotential geschaltet sind. Damit sind nicht nur  
die zwischen die beiden Schalter S1, S2 geschaltete zu  
messende Kapazität  $C_x$ , sondern in gleicher Weise auch die  
5 beispielsweise durch Kabelkapazitäten hervorgerufenen  
Störkapazitäten  $C_{s1}$  und  $C_{s2}$  kurzgeschlossen, die zwischen  
den beiden Anschlüssen der Kapazität  $C_x$  und Masse stö-  
rend auftreten.

10

Zu Beginn der Messung werden die beiden Schalter S1 und  
S2 synchron umgeschaltet, so daß die zu messende Kapa-  
zität  $C_x$  nunmehr in Reihe mit der Bezugsspannungsquelle  
und dem Integratoreingang liegt. Dabei wird der in seiner  
15 Größe bekannte Integrationskondensator  $C_i$  von dem durch  
die zu messende Kapazität  $C_x$  fließenden Ladestrom auf-  
geladen. Hierbei wirkt sich die Streu- bzw. Störkapazi-  
tät  $C_{s2}$  nicht störend aus, da sie parallel zum virtuell  
auf 0 liegenden Operationsverstärkereingang liegt.

20

Selbst wenn der Operationsverstärker A1 nicht ausreichend  
rasch auf den Ladestromstoß reagieren kann, tritt die  
Störkapazität  $C_{s2}$  nicht störend in Erscheinung, da sie  
dann zwar vorübergehend aufgeladen wird, ihre Ladung  
aber nach Einregelung des Operationsverstärkers A1 wieder  
25 abgebaut wird. Damit wirkt die Störkapazität  $C_{s2}$  allen-  
falls vorübergehend als Zwischenspeicher, ohne die Mes-  
sung zu verfälschen.

30

Der von der Störkapazität  $C_{s1}$  geführte Ladestrom fließt  
nach Masse ab und beeinflusst die Messung somit ebenfalls  
nicht.

35

Somit haben die vorhandenen Streu- bzw. Störkapazitäten  
keinerlei Auswirkungen auf die Messung, so daß eine  
durch Störkapazitäten hervorgerufene Meßergebnisverfäl-

- 1 schung zuverlässig vermeidbar, d. h. eine exakte Messung  
der Kapazität  $C_x$  sichergestellt ist.

- 5 Wird dieser Umschaltvorgang bei geöffnetem Schalter S0  
n-mal wiederholt, so gilt für die Ausgangsspannung  $U_a$   
folgende Beziehung:

$$U_a = -U_{\text{ref}} \cdot \frac{C_x}{C_i} \cdot n$$

- 10 Die Ausgangsspannung  $U_a$  stellt folglich ein zuverlässiges  
Maß für die zu messende Kapazität  $C_x$  dar und kann in  
äußerst einfacher Weise nachfolgend auf bekannte Weise  
verarbeitet werden.

- 15 Bei dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel können  
allerdings trotz sehr guter Störkapazitätsunterdrückung  
Meßveränderungen dann auftreten, wenn der zu messenden  
Kapazität  $C_x$  ein Widerstand  $R_x$  parallel geschaltet ist.  
20 Dieser Widerstand kann beispielsweise durch einen Isola-  
tions- oder Leckwiderstand hervorgerufen werden oder  
aber z. B. bei der Messung von RC-Gliedern dem Parallel-  
widerstand entsprechen.

- 25 Bei Vorhandensein eines derartigen, der zu messenden Ka-  
pazität  $C_x$  parallel liegenden Widerstands  $R_x$  ergibt sich  
eine der folgenden Gleichung entsprechende veränderte  
Ausgangsspannung  $U_a$ :

30 
$$U_a = -U_{\text{ref}} \cdot n \left( \frac{C_x}{C_i} + \frac{t_a}{C_i \cdot R_x} \right).$$

- Hierbei bezeichnet  $t_a$  die Ladezeit. Bei bekanntem Wider-  
stand  $R_x$  läßt sich der widerstandsabhängige additive  
Spannungsterm zwar durch eine entsprechende Spannungs-  
35 oder Auswertungskompensation kompensieren, jedoch schei-

1. tert dies bei unbekanntem Widerstand  $R_x$ .

5 Mit dem in Fig. 3 gezeigten Ausführungsbeispiel des Kapazitäts-Meßgeräts lassen sich nicht nur die Störkapazitäten, sondern auch die Auswirkungen eines derartigen Widerstands  $R_x$  eliminieren. Dieses Ausführungsbeispiel entspricht dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel in allen Einzelheiten mit der einzigen Ausnahme, daß die Schalter S1 und S2 synchron im Gegentakt, d. h.  
10 gegenphasig angesteuert werden.

Die beiden Schalter S1 und S2 befinden sich vor Beginn des Meßzyklus in der in Fig. 3 gezeigten Stellung. Zu Beginn der Messung werden die Schalter S1, S2 synchron umgeschaltet, so daß der in Fig. 3 links gezeigte Anschluß der Kapazität  $C_x$  mit der Bezugsspannung gespeist wird, während der andere Kapazitätsanschluß auf Masse liegt. Während dieser anfänglichen Ladephase liegen somit die zu messende Kapazität  $C_x$ , der Widerstand  $R_x$  und die Störkapazität  $C_{s1}$  parallel zur Bezugsspannungsquelle, während die Störkapazität  $C_{s2}$  kurz geschlossen ist. Dabei ist der durch den Widerstand  $R_x$  fließende Strom nicht störend, sondern stellt lediglich eine geringfügige Last für die Bezugsspannungsquelle dar. Während der durch anschließendes Umschalten der Schalter S1, S2 eingeleiteten Entladephase liegen die Kapazität  $C_x$ , der Widerstand  $R_x$  und die Störkapazität  $C_{s2}$  dann parallel zu dem virtuell auf Null liegenden Eingang des Operationsverstärkers A1, während nunmehr die Störkapazität  $C_{s1}$  kurz geschlossen ist. Der Widerstand  $R_x$  bewirkt hierbei keinerlei Meßverfälschungen, unter der in aller Regel erfüllten Voraussetzung, daß der Widerstand  $R_x$  sehr viel größer ist als der virtuelle Operationsverstärkereingangswiderstand  $R_{virtuell}$ . Hierbei sind die Bezugsspannung  $U_{ref}$  und die Ausgangsspannung  $U_a$  phasengleich. Werden die Schalter

1 S1 und S2 n-mal betätigt, gilt

$$U_a = U_{ref} \cdot \frac{C_x}{C_i} \cdot n.$$

5 Vorteilhafterweise sind die Schalter S1, S2 und S0 bei den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen durch MOS-Schalter, insbesondere durch MOS-Feldeffekttransistoren gebildet. Diese Schalter können in besonderer Ausgestaltung der Erfindung vorteilhaft durch einen Mikroprozessor  
10 gesteuert werden, der auch die Auswertung übernimmt. Die bei n-facher Wiederholung der Messung erforderliche Integration kann auch durch andere geeignete Bauteile erfolgen.

15 Das in Fig. 3 gezeigte Ausführungsbeispiel des Kapazitäts-Meßgeräts eignet sich insbesondere auch zur Messung von Chip-Schaltungen mit eingehautem Parallel-Widerstand, da derartige Parallel-Widerstände keinerlei störende Auswirkungen auf das Meßergebnis zeigen. Die Schalterbetätigung erfolgt vorzugsweise n-mal, so daß der periodische Ladestromstoß der zu messenden Kapazität  $C_x$  dem  
20 Eingang des Integrators bzw. Integrator-Verstärkers n-fach zugeführt wird.

\*\*\*

25

30

35

- 12 -  
- Leerseite -

Nummer:  
 Int. Cl.<sup>3</sup>:  
 Anmeldetag:  
 Offenlegungstag:

34 13 849  
 G 01 R 27/26  
 12. April 1984  
 22. August 1985

